

КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

УДК [504.064.36:504.7.006]:004.78

А.Н. Бешенцев, Л.Г. Намжилова**ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА БИОРАЗНООБРАЗИЯ НА ООПТ ОБЪЕКТА ВСЕМИРНОГО ПРИРОДНОГО НАСЛЕДИЯ «ОЗЕРО БАЙКАЛ»**

В статье представлены результаты создания и внедрения ГИС для сбора, обработки, хранения и анализа данных биоразнообразия на ООПТ побережья оз. Байкал. В качестве модельных ООПТ использованы государственные природные биосферные заповедники «Баргузинский» и «Байкальский», а также Забайкальский государственный национальный природный парк. Выполнен анализ современного состояния системы наблюдений объектов биоразнообразия на ООПТ и дана оценка информационного обеспечения деятельности администраций. Определена специфика мониторинга биоразнообразия с использованием ГИС-технологии и сформулированы его методические основы, обеспечивающие формализацию долгосрочных рядов наблюдений, высокую пространственную точность и унификацию показателей биоразнообразия на видовом и экосистемном уровнях. Разработана структура банка данных биоразнообразия ООПТ исследуемой территории, включающая универсальные базы данных с выделением информационных массивов наиболее значимых или характерных, для конкретной ООПТ, объектов биоразнообразия. Создана ГИС, регистрирующая процессы биоразнообразия на региональном, локальном и объектном пространственных уровнях, предложены индикаторы для пространственной оценки динамики объектов биоразнообразия. В результате внедрения ГИС выявлены основные проблемы технологического, методического и кадрового характера, сдерживающие организацию геоинформационного мониторинга биоразнообразия и сформулированы рекомендации для администраций ООПТ по их минимизации.

К л ю ч е в ы е с л о в а: биоразнообразии, ООПТ, мониторинг, ГИС, «Летопись природы», банк данных биоразнообразия.

A.N. Beshentsev, L.G. Namzhiлова**ORGANIZATION OF GEOINFORMATION MONITORING OF BIODIVERSITY
ON SPECIAL PROTECTED NATURAL AREAS OF THE
OBJECT WORLD NATURAL HERITAGE "LAKE BAIKAL"**

The article presents the results of the creation and implementation of GIS for the collection, processing, storage and analysis of biodiversity in nature protected areas of the Lake Baikal coast. As model used State Nature Biosphere Reserve "Barguzinskiy" and "Baikalskiy" and the Trans-Baikal National park. The analysis of the current state of observation of biodiversity in nature protected areas and evaluation of the information management of administration. The specificity of biodiversity monitoring using GIS technology and formulated his methodological principles, providing a formalization of a long-term series of observations, high spatial accuracy and standardization of indicators of biodiversity at species and ecosystem levels. The structure of the data bank protected areas of biodiversity study area, including Universal Database with the release of information files or most important characteristic for a specific protected areas of biodiversity. Created GIS recording processes of biodiversity at the regional, local and object spatial scales, suggested indicators to assess the spatial dynamics of biodiversity. As a result of the main problems of GIS technology, methodical and personnel constraints the organization geoinformation monitoring of biodiversity and recommendations for the administrations of protected areas to minimize them.

K e y w o r d s: biodiversity, geoinformation monitoring, special protected natural area, Annals of nature, GIS, database of biodiversity.

Введение

Сложившаяся система мониторинга биоразнообразия в России отличается исключительно ведомственным подходом и отсутствием четкой координации действий. До сих пор на федеральном уровне не созданы ведомства и инфраструктуры для сбора, обработки, анализа и проверки достоверности информации, поступающей из разных источников [19]. Существующие информационные массивы, как правило, имеют узко территориальный характер, различную точность привязки, специальные форматы не унифицированы, а иногда и противоречивы. В результате слабого взаимодействия между ведомствами и низкой стандартизации экологических данных многие показатели состояния биоразнообразия остаются невостребованными.

Наиболее полно требованиям постоянного контроля за компонентами биоразнообразия отвечает «Летопись природы» – система наблюдений и отчетности на ООПТ, представляющая собой набор определенных показателей, обеспеченных многолетними рядами наблюдений [15]. При этом системным недостатком «Летописи природы» как программы мониторинга является то, что она не является аналитическим документом: при отсутствии задач по оценке состояния происходит сбор данных, которые либо неадекватны, либо недостаточны для проведения оценочных работ [19]. Кроме того, отмечается и низкая репрезентативность собираемых данных: зачастую данные, собираемые из одного урочища, экстраполируются на всю территорию ООПТ без учета ее ландшафтной неоднородности. Важным источником данных для мониторинга биоразнообразия являются региональные Красные книги, содержащие наиболее достоверную и точную информацию по охраняемым видам [8; 9]. Значительный объем данных по биоразнообразию содержат ежегодные «Доклады о состоянии озера Байкал и мерах по его охране» [6], большой массив актуальных картографических материалов представлен в «Экологическом атласе бассейна озера Байкал» [18].

Внедрение геоинформационной технологии позволяет автоматизировать процесс использования разновременных и разноформатных экологических данных и способствует формированию геоинформационного мониторинга биоразнообразия как надежного методического приема отслеживания состояния и динамики биогеоценозов. Существует успешный опыт геоинформационного обеспечения мониторинга редких видов растений и растительных сообществ «Забайкальского национального парка» [1], геоинформационного картографирования биотопов государственного заказника «Курганский» на основе данных дистанционного зондирования [10], создания электронной базы данных растительного покрова ООПТ Саратовской области [7], а также использования ГИС на предпроектной стадии организации геопарков и других категорий ООПТ [17]. ГИС-технологии эффективно используются при мониторинге биоразнообразия лесов [14], а реляционные базы данных обеспечивают надежность и оперативность лесопатологического мониторинга лесных экосистем [11]. Кроме того, известен ряд исследований, направленных на разработку универсальной методики экологического мониторинга ООПТ [4; 3; 16]. Зарубежный опыт оценки и изучения биоразнообразия свидетельствует о широком внедрении ГИС-технологий и использовании баз геоданных для мониторинга объектов и процессов биоразнообразия [20; 21; 22].

Наиболее важной проблемой при инвентаризации и мониторинге объектов биоразнообразия является необходимость интеграции значительных массивов разнородных пространственных, качественных и количественных данных с целью формирования проблемно-ориентированных баз данных и поисково-аналитических систем, обеспечивающих оперативный доступ к информации заинтересованных лиц и организаций. При этом создание надежного программно-технического комплекса, позволяющего хранить и накапливать большие объемы экологических данных, анализировать их, получать новую информацию об экосистемах, и в целом, о пространственных аспектах биоразнообразия, отвечать на запросы и оперативно выдавать информацию в любой форме, является актуальной задачей.

Подходы и методы

На территории объекта всемирного природного наследия «Озеро Байкал» расположены: в Республике Бурятия – государственные природные биосферные заповедники «Баргузинский», входящий в ФГБУ «Заповедное Подлесье», и «Байкальский», государственный природный заповедник «Джержинский», Забайкальский государственный национальный природный парк («Заповедное подлесье») и государственный национальный парк «Гункинский» (частично), Фролихинский и Кабанский заказники федерального значения; в Иркутской области – государственный природный заповедник «Байкало-Ленский» и Прибайкальский государственный национальный парк (рис. 1), входящие в состав ФГБУ «Заповедное Прибайкалье».

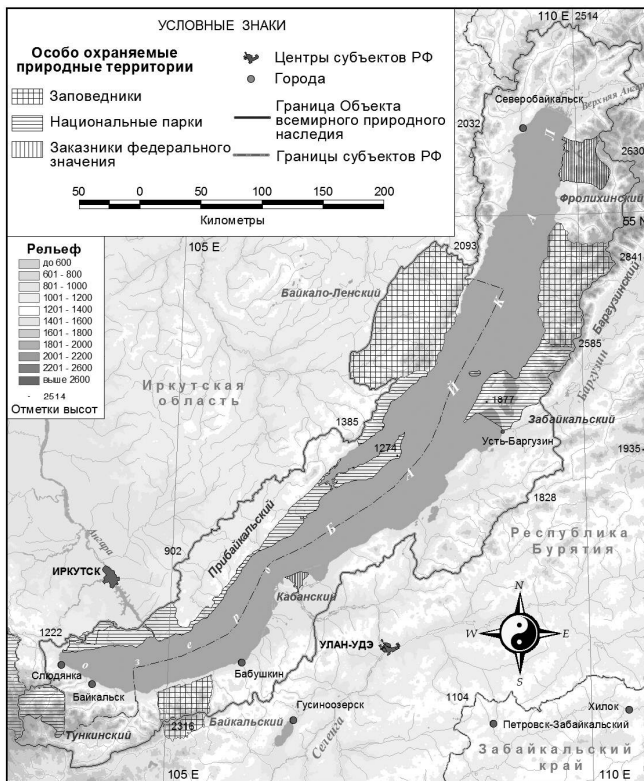


Рис. 1. ООПТ на территории объекта всемирного природного наследия «Озеро Байкал»

В современной научной литературе под мониторингом понимается технологическая система, либо процесс наблюдений, оценки и прогноза изменений компонентов географической среды, главным образом, под влиянием человеческой деятельности. В обоих случаях речь идет о необходимости регламентированных периодических наблюдений и качественно-количественной оценке изменений объектов мониторинга. Мониторинг биоразнообразия, как один из разделов экологического мониторинга, представляет систему регулярных длительных наблюдений в пространстве и времени, представляющих информацию о состоянии биоразнообразия во всех его проявлениях с целью оценки прошлого, настоящего и прогноза в будущем параметров биоразнообразия, обеспечивающих естественный гомеостаз экосистем [12; 14]. Для определения геоинформационного мониторинга биоразнообразия из множества дефиниций наиболее обоснованной является «мониторинг – комплексная многоцелевая информационная система регламентированных периодических наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния природной среды с целью выявления негативных изменений и выработки рекомендаций по их устранению или ослаблению» [5]. Специфика геоинформационного мониторинга биоразнообразия (ГМБ) заключается в том, что инвентаризация и оценка динамики видового состава и вмещающих экосистем осуществляются посредством метрического отслеживания их параметров и топологических взаимоотношений в информационной среде. Регистрация и хранение экологических данных осуществляются в геоинформационном поле на основе грамматического строя языка карты. Пространственное положение особо охраняемого объекта регистрируется геодезическими координатами, сущностные

характеристики (атрибуты) фиксируются в реляционной таблице. ГМБ основывается на принципах математической формализации (масштаб, проекция), знаковой символизации, генерализации и системного подхода к отображаемым объектам и процессам.

Основным источником экологических данных для ГМБ является «Летопись природы», представляющая ежегодную сводку данных о состоянии заповедных территорий. Этот документ объединяет всю информацию о состоянии природных систем и их компонентов. Он позволяет получить объективные и разносторонние характеристики процессов, происходящих в заповедных экосистемах, что очень важно для прогнозирования динамики природной среды и территориального управления. Некоторые заповедники ведут «Летопись природы» более 50 лет и имеют непрерывные долгосрочные ряды наблюдений по численности животных, биологическому разнообразию, динамике экосистем, а также данные изменений параметров абиотических факторов.

Банк данных биоразнообразия. В результате формализации и обобщения разновременных показателей «Летописи природы» ООПТ исследуемой территории в БИП СО РАН сформирован банк данных биоразнообразия. Объекты мониторинга биоразнообразия выделяются на видовом и экосистемном уровнях. Банк данных биоразнообразия ООПТ включает базы данных: растительный покров; животный мир; грибы; факторы развития экосистем (рис. 2).



Рис. 2. Банк данных биоразнообразия

В каждой базе данных выделяются информационные массивы наиболее значимых или характерных, для данной ООПТ, объектов биоразнообразия:

- 1) редких таксонов, в первую очередь, внесенных в Красные книги РФ и Республики Бурятия, и узкоэндемичные;
- 2) социально-экономически значимых видов, включая охотничье-промысловые, вредящие сельскохозяйственным и лесным культурам; имеющие эпидемиологическое значение и т.д.;
- 3) видов особой биоценологической значимости, являющихся эдификаторами экосистем, формирующих важные консорции и т.д., а также чуждых видов (вселенцев), способных нанести ущерб аборигенным сообществам и экосистемам;
- 4) видов особо уязвимых, в силу образования ими массовых скоплений (колониальные виды животных).

Мониторинг на экосистемном уровне охватывает следующие сообщества:

1. Эталонные сообщества и экосистемы – ненарушенные (коренные) сообщества и экосистемы, наиболее характерные для Байкальской природной территории (БПТ). Регулярные наблюдения за состоянием эталонных сообществ и экосистем необходимы для контроля их благополучности и сохранения в качестве эталонов природы, а также позволяют отслеживать естественные природные процессы, связанные с климатическими изменениями и т.д., происходящие без прямого влияния деятельности человека, что обеспечивает выполнение заповедником (национальным парком) одной из основных своих функций. Среди наземных экосистем к эталонным относятся зональные

экосистемы, свойственные плакорам и их горным аналогам, а также сообщества и экосистемы, не являющиеся плакорными, но широко распространенные на равнинных водоразделах и горных склонах и в значительной степени определяющие облик ландшафта, интразональные сообщества и экосистемы, особо характерные или специфичные для Байкальской природной территории.

2. Редкие, в том числе реликтовые, сообщества и экосистемы, в первую очередь сообщества, отличающиеся высоким видовым богатством и разнообразием, значимым участием или доминированием реликтовых и (или) узкоэндемичных форм. Реликтовые сообщества, для которых существующие условия не являются оптимальными, могут наиболее чутко реагировать на направленные изменения природной среды климатогенного характера – потепления и похолодания, аридизацию и гумидификацию.

3. Сообщества специфических и экстремальных сред обитания (термальные, пещерные и т.д.), мониторинг которых, помимо слежения за состоянием этих редких и уникальных объектов, имеет существенное научно-познавательное значение, а также требует специальных подходов и индивидуальных методов.

Пространственная оценка биоразнообразия. Оценка экологического состояния биоты может включать самые разнообразные биогеоэкологические параметры (видовое разнообразие и количественный состав популяций, динамика сообществ, изменения местообитаний и экологических ниш, признаки нарушений жизнедеятельности и др.). При мониторинге биоразнообразия из множества показателей, регистрируемых банком данных, наиболее репрезентативными являются те, которые являются биоиндикаторами, – «организмы, присутствие, количество или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания» [2]. Однако единой системы биоиндикаторов для исследуемых ООПТ не существует. По этой причине в качестве основных биоиндикаторов для оценки и изучения популяций и экосистем нами использовались: видовой состав, численность и структура сообществ.

Кроме того, в качестве информационных индикаторов состояния и динамики объектов биоразнообразия нами использовались морфометрические и картометрические показатели, отображающие состояние объекта наблюдения и ход процессов в форме, удобной для восприятия. Морфометрические показатели обеспечивают метрическую и топологическую оценку объектов биоразнообразия в пределах природных и антропогенных территориальных единиц (ООПТ, выдел, участок, маршрут учёта, геосистема). К таким показателям относятся: плотность, концентрация, централизация, сосредоточенность, количество, высотная дифференциация; густота, извилистость, симметричность, характер распространения (сплошное, дискретное). Картометрические показатели обеспечивают локализацию объектов биоразнообразия в геоинформационном поле: геоэкологические координаты, высота над уровнем моря, экспозиция, уклон, протяжённость и площадь объектов.

Динамика объектов биоразнообразия определяется изменениями их пространственного положения и субстанциональной сущности за определенный промежуток времени. При изменении отдельных объектов меняются их топологические отношения и пространственная структура популяции в целом. Результатом картографирования этих изменений является определение тех или иных повторяющихся форм и состояний объектов и ареалов, тех или иных особенностей переходных стадий их развития, анализ пространственно-временной структуры инвариантов их территориальных, качественных и количественных преобразований. Оценка изменений биоразнообразия осуществляется на основании моделей динамики: пространственное движение, качественно-количественное изменение, качественное замещение. Таким образом, эти биологические и информационные индикаторы отражают пространственные и временные характеристики развития биогеоценозов и являются базовыми единицами ГМБ.

ГИС мониторинга биоразнообразия. Реализация мониторинга осуществляется посредством ГИС – комплекса информационных, программных и технических средств, предназначенных для накопления, хранения и коллективного использования геоанализа с целью получения необходимой пространственно-временной информации. Главная задача такой системы – непрерывная информационная оценка пространственного и сущностного развития биоразнообразия на конкретной территории во взаимосвязи с экологической оценкой последствий этого процесса. Конечная цель системы – разработка универсальных картографических моделей и типовых геоинформационных запросов развития охраняемых объектов и территорий, назначение которых формируется под влиянием требований пользователей. Концептуальной основой ГИС являются принципы единства картографируемых объектов биоразнообразия и их характеристик на используемых

картографических и аэрокосмических материалах, единая картографическая проекция, сходство принятых классификаций, преемственность методов составления и принципов генерализации.

Для осуществления мониторинга биоразнообразия и последующего внедрения в администрации ООПТ в Байкальском институте природопользования СО РАН создана проблемно-ориентированная ГИС, состоящая из пяти открытых подсистем (рис. 3).



Рис. 3. Функциональная структура ГИС биоразнообразия

Техническую базу измерительной подсистемы составляют геохимические и геофизические приборы, предназначенные как для полевой регистрации параметров биоты и абиотических факторов, так и для камеральной обработки геоданных. Основу информационной подсистемы составляют одновременные цифровые покрытия, аэрокосмическая, статистическая, литературная информация и фотографические материалы. Технологическая подсистема базируется на программном обеспечении ArcGIS, представлена необходимыми техническими и программными средствами, обслуживается квалифицированным персоналом, обеспечивает надежную реализацию всех операций картографирования биоразнообразия и соединена локальной сетью. Семиотическая подсистема состоит из методики оформления карт и таблиц информативности цветов и графознаков. Основная задача этой подсистемы заключается в адекватном отображении объектов флоры и фауны с помощью геоинформационных моделей на основе законов семиотики.

Аналитическую подсистему представляют методики геоинформационного картографирования и моделирования, а также система геоинформационных запросов. Геоинформационное картографирование нацелено на инвентаризацию объектов биоразнообразия и создание первичных картографических документов (карты распространения видов, маршрутов учёта и т.п.). При геоинформационном моделировании задействуются аналитический аппарат программного обеспечения, а также индуктивные обобщения и дедуктивные умозаключения исследователя. Моделирование осуществляется одновременным манипулированием множеством тематических слоев биоразнообразия, непрерывным анализом мысленных и виртуальных картографических образов. Оно нацелено на создание новой информации, познание и прогнозирование биоразнообразия.

Информационной единицей ГИС является объектный тематический слой (точечный, линейный, полигональный). Каждый слой представляет собой совокупность векторного файла (shp-file) и таблицы атрибутов (dbf-file). Все слои представлены в проекции UTM на геоиде WGS 84, каждый слой имеет файл привязки prj (рис. 4).

Регистрация и моделирование объектов и процессов биоразнообразия осуществляются посредством инвентаризационных, синтетических и аналитических карт на трёх масштабных уровнях. Региональный уровень (1:500 000–1:1 000 000) позволяет выявить внешние связи заповедников и национальных парков в совокупности одноранговых геосистем (климат, воздушный перенос и т.п.) в пределах Байкальской природной территории и выполнить их сравнительный анализ. Локальный уровень (1:100 000–1:200 000) обеспечивает картографирование системы природопользования и типов ландшафтов, а также характеризует физико-географические условия ООПТ как единого природного комплекса. Объектный уровень (1:25 000–1:50 000) отображает взаимосвязи природоохранной инфраструктуры и природных геосистем и обеспечивает оценку

территории в пределах урочища, а также позволяет выполнять мониторинг отдельных объектов флоры и фауны.

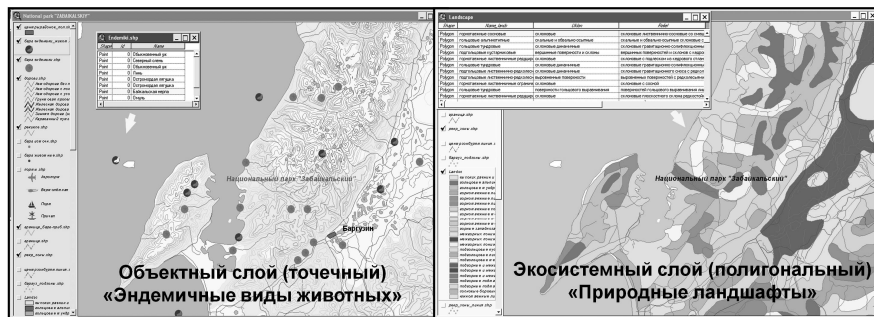


Рис. 4. Примеры записи тематических слоёв в ГИС

Результаты и их обсуждение

В результате внедрения и апробации ГИС в Байкальском заповеднике и Забайкальском национальном парке были выявлены проблемы методического, технического, кадрового обеспечения при организации мониторинга биоразнообразия и разработаны рекомендации по их устранению.

1. При анализе существующих баз данных выявлена разнородность используемых показателей и форматов при формализации описываемых явлений и процессов. Администрациям модельных ООПТ и владельцам корпоративных баз данных биоразнообразия приходится самостоятельно формулировать информационные требования при сборе и анализе различных данных, заниматься их идентификацией и классификацией, решать проблему совместимости данных, их интеграции, генерализации и территориальной привязки.

Для минимизации этой проблемы необходимо разработать:

- единый перечень отслеживаемых объектов биоразнообразия, а также единые классификаторы их регистрируемых параметров и единиц измерения;
- методическое пособие по организации баз географических данных, включающее описание их функциональных схем, приёмов управления данными, а также практические занятия по их проектированию и созданию;
- информационные структуры предметных баз данных и общую структуру единого банка данных биоразнообразия государственных природных заповедников и национальных парков бассейна озера Байкал.

2. При создании технологической подсистемы ГИС и организации рабочих мест выявлена низкая обеспеченность администраций ООПТ программно-техническими средствами. Из-за значительной удалённости ООПТ от информационных центров некоторые территории не обеспечены сотовой связью. Кроме того, значительные расстояния между ООПТ и отсутствие телекоммуникационной инфраструктуры затрудняют организацию корпоративной сети ООПТ. Технические характеристики имеющихся в наличии компьютеров не обеспечивают эффективную работу геоинформационных программ. Штатным расписанием ООПТ не предусмотрены штатные единицы (оператор ГИС) для обслуживания ГИС и наполнения базы данных показателей биоразнообразия.

Для устранения этих проблем необходимо:

- увеличить объём финансирования администраций ООПТ для оснащения рабочих мест компьютерной техникой, программным обеспечением, периферийными устройствами, а также финансовыми средствами для доступа к картографическим сервисам и базам спутниковых данных;
- организовать обучение персонала научных отделов ООПТ работе с геоинформационными программами и интернет-приложениями, с привлечением IT-специалистов научных центров СО РАН, Министерства природных ресурсов и природоохранных организаций;
- разработать методическое пособие по информационной регистрации объектов биоразнообразия;
- организовать информационное взаимодействие всех научных отделов ООПТ, а также их связь с научными и природоохранными организациями посредством электронной почты.

3. При создании базовых пространственных данных установлено отсутствие единой топографо-геодезической и картографической основы в ООПТ. Информационные массивы цифровых данных на одну территорию изготавливаются по несколько раз с различной степенью точности, актуальности и достоверности. Создаваемые информационные ресурсы не согласованы относительно использования картографической основы и системы классификаторов базовых пространственных данных. Кроме того, для картографирования объектов разнообразия сборщики информации не могут использовать топографическую основу крупнее масштаба 1 : 100 000, поскольку эти материалы являются секретными, а в администрациях ООПТ отсутствуют подразделения и условия для хранения и использования таких материалов.

Для минимизации данных проблем необходимо:

- составить единые топографические основы для регистрации физико-географических параметров состояния ООПТ и локализации данных биоразнообразия;
- создать разреженные крупномасштабные топографические основы для свободного доступа регионального (1 : 100 000), локального (1 : 25 000– 1 : 50 000) и местного пространственного уровней (1 : 5 000 – 1 : 10 000);
- администрациям ООПТ получить лицензии на осуществление картографической деятельности.

4. Оценка точности картографической регистрации показателей мониторинга на ООПТ выявила низкую точность пространственной привязки геоданных, различие методических подходов при их сборе и метрических величин их оценки. Кроме того, в администрациях отсутствуют основные тематические слои для оценки взаимосвязей объектов биоразнообразия с компонентами географической оболочки.

Для устранения этих проблем необходимо:

- составить цифровые тематические слои на территории государственных природных заповедников и национальных парков бассейна озера Байкал для ГИС (природные ландшафты, почвы, растительность, геология, климат);
- обеспечить сборщиков информации приёмниками глобального позиционирования (GPS) высокой точности;
- разработать методическое пособие по полевой регистрации объектов биоразнообразия, а также провести обучающие семинары со сборщиками информации при участии руководства администраций ООПТ.

5. Сотрудники администрации ООПТ не владеют навыками и приёмами геоинформационного анализа компонентов биоты и абиотических процессов на основе алгоритмов программной среды и геоинформационных запросов.

Для решения кадровых проблем ООПТ необходимо:

- разработать методическое пособие по использованию геоинформационной технологии при мониторинге биоразнообразия, включающее теорию ГИС, описание аналитических функций ГИС для анализа биоразнообразия, приёмы геоинформационного картографирования и работы с таблицами атрибутов;
- организовать обучение сотрудников администраций модельных ООПТ на базе структурных подразделений СО РАН;
- создать единый информационный центр для координации деятельности ООПТ озера Байкал, обеспечивающий приём, обработку и хранение данных мониторинга биоразнообразия по технологии облачных вычислений.

Заключение

Предложенная ГИС мониторинга оптимизирует систему наблюдений за биотическими и абиотическими параметрами: выбор объектов, показателей и индикаторов мониторинга; выбор и обоснование использования как традиционных, так и инновационных методик, приборов и оборудования; выбор и обоснование мониторинговых площадок с их детальной характеристикой.

Важным преимуществом предлагаемой автоматизированной системы является возможность интерактивной работы с большим числом векторных слоёв и многослойных рабочих покрытий посредством геоинформационных запросов к хранящимся данным. Такое взаимодействие обеспечивает оперативность всех операций мониторинга биоразнообразия в части методического сопровождения в соответствии с современными требованиями информационного общества.

Таким образом, созданная ГИС обеспечивает автоматизированную реализацию всех аспектов метрической и субстанциональной оценки объектов и процессов биоразнообразия, соответствует

международным требованиям для аналогичных продуктов, открыта для дополнения любой геоинформацией, методически проста и управляема. Управление системой предполагает возможность создания различных по типу и предмету карт и геоинформационных запросов.

Разработанная методика ГИС мониторинга биоразнообразия позволила:

- оптимизировать технологию организации аналогичных продуктов;
- определить особенности необходимого технического и программного обеспечения;
- выявить и минимизировать проблемы информационной безопасности и технологической устоячивости программно-технического комплекса и сетевых ресурсов.

Однако при внедрении ГИС были установлены препятствия технологического, кадрового и методического характера, требующие долгосрочного преодоления. Всесторонний анализ этих проблем позволил разработать комплекс рекомендаций, направленных на оптимизацию мониторинга биоразнообразия, и довести их до администраций ООПТ. Выполнение рекомендаций обеспечит достижение необходимого информационного потенциала каждой ООПТ и создание согласованных геоинформационных ресурсов, а также будет способствовать развитию единой инфраструктуры пространственных данных биоразнообразия региона.

Библиографический список

1. Батуев А.Р., Цыдыпова М.В., Борхонов В.А. Геоинформационное картографирование редких видов сосудистых растений и растительных сообществ особо охраняемых природных территорий // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2014. №1. С. 73–77.
2. *Биологический энциклопедический словарь* / гл. ред. М.С. Гиляров. М.: Советская энциклопедия, 1986. 831 с.
3. Битюков Н.А. Типовая программа экологического мониторинга горных лесных экосистем ООПТ на базе ГИС-технологий. // Известия Сочинского государственного университета. 2011. №2. С. 179–183.
4. Глибко О.Я., Барсова А.В. Методические основы организации и ведения экологического мониторинга на территории национальных парков // Проблемы региональной экологии. 2014. №4. С. 137–142.
5. *Горная энциклопедия* // под ред. Е.А. Козловского. М.: Советская энциклопедия, 1984–1991. 800 с.
6. *Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2013 году»*. Иркутск, 2014. 462 с.: URL: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1258> (дата обращения: 12.12.2015).
7. Давиденко О.Н., Невский С.А., О принципах организации электронной базы данных «Растительный покров ООПТ Саратовской области» // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2013. Т. 13. №3. С. 58–63.
8. *Красная книга Иркутской области* / Правительство Иркутской области; Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области; ответ. ред. В.В. Попов. Иркутск: ООО Издательство «Время странствий», 2010. 480 с.
9. *Красная книга Республики Бурятия*. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. 3-е изд., перераб. и доп. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. 687 с.
10. Крицук С.Г., Теплякова Т.Е., Калибернова Н.М. Анализ биоразнообразия бореальных экосистем на основе геоинформационных систем с использованием спутниковых данных (на примере государственного заказника «Кургальский») // Биосфера. 2011. Т. 3. №4. С. 493–513.
11. Митрофанова Н. А., Чураков Б. П., Рассадина Е.В. Использование информационных технологий в лесопатологическом мониторинге лесных экосистем // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16. №1-3. С. 875–877.
12. *Мониторинг биоразнообразия* / под общей ред. В.Е. Соколова и др. М.: ИПЭЭ РАН, 1997. 368 с.
13. Пузаченко М.Ю., Черньenkova Т.В. ГИС-технологии в мониторинге биоразнообразия лесов. ArcReview, 2006. № 4 (39). С. 12-14. URL: http://www.dataplus.ru/Arcrev/Number_39/9_bio.html (дата обращения: 09.12.2015).
14. Смулов А.В., Максимов В.Н., Тикунов В.С. / Мониторинг биоразнообразия // География и мониторинг биоразнообразия. М.: НУМЦ, 2002. С. 303–370.

15. Филонов К.П., Нухимовская Ю.Д. Летопись природы в заповедниках СССР: метод. пособие. М.: Наука, 1985. 143 с.

16. Шуваев Н.С., Зайцев А.А., Бузмаков С.А. Анализ и оценка особо охраняемых природных территорий Кунгурской лесостепи Пермского края // Геология, география и глобальная энергия. 2014. №1(52). С. 195–207.

17. Шурховецкий А.В. Применение геоинформационных систем для информационного обеспечения геологических особо охраняемых природных территорий // Экология урбанизированных территорий. 2011. №1. С. 34–38.

18. Экологический Атлас бассейна оз. Байкал. Иркутск 1:5000000 Мб. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2014. URL: <http://bic.iwlearn.org/ru/atlas/atlas> (дата обращения: 14.12.2015).

19. Яшина Т.В. Индикаторы оценки биоразнообразия на особо охраняемых природных территориях Алтае-Саянского экорегиона: руководство по использованию. Красноярск, 2011. 56 с.

20. Geyer, J.P. Stoms D.M., Davis, F.W., Wittstock, B. Coupling GIS and LCA for biodiversity assessments of land use // International Journal of Life Cycle Assessment. 2010. Vol. 15. P. 692–703.

21. Foody, G. M. GIS: Biodiversity applications // Progress in Physical Geography. 2008. 32(2), p. 223–235.

22. Salem B. V. Application of GIS to biodiversity monitoring // Journal of Arid Environments. 2003. 54. P. 91–114.

Поступила в редакцию 31.12.2015

Сведения об авторах

Бешенцев Андрей Николаевич

доктор географических наук, профессор РАН, зав. лабораторией геоинформационных систем Байкальского института природопользования СО РАН; Россия, 670047, Улан-Удэ, Сахьяновой, 6; e-mail: abesh@mail.ru

Намжилова Людмила Гонгоровна

кандидат географических наук, старший научный сотрудник Байкальского института природопользования СО РАН; Россия, 670047, Улан-Удэ, Сахьяновой, 6; e-mail: abesh@mail.ru

About the authors

Andrew N. Beshentsev

Doctor of Geographical Sciences, Professor of RAS, Head of GIS laboratory, Baikal Institute of Nature Management Siberian branch of RAS; 6, Sakhynovoi Str., Ulan-Ude, 670047, Russia; e-mail: abesh@mail.ru

Ludmila G. Namzhilova

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Baikal institute of nature management Siberian branch of RAS; 6, Sakhynovoi Str., Ulan-Ude, 670047, Russia; e-mail: abesh@mail.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Бешенцев А.Н., Намжилова Л.Г. Организация геоинформационного мониторинга биоразнообразия на ООПТ объекта всемирного природного наследия «Озеро Байкал» // Географический вестник. 2016. №1(36). С.110–119.

Please cite this article in English as:

Beshentsev A.N., Namzhilova L.G. Organization of geoinformation monitoring of biodiversity on special protected natural areas of the object world natural heritage "Lake Baikal" // Geographicheskii Vestnik. 2016. №1(36). P.110–119.